颠覆性技术识别方法发展现状及启示*

■ 苏鹏　苏成　潘云涛
中国科学技术信息研究所　北京 100038

摘要：[目的/意义]颠覆性技术能变革传统生产模式和消费结构,使产业格局巨变。识别潜在颠覆性技术有助于抢占科技制高点,在科技竞争中取得先发优势。[方法/过程]通过主题检索和引文回溯搜集文献,梳理颠覆性技术现阶段的主要识别方法。[结果/结论]发现方法的选择与研究人员学科背景密切相关,根据研究人员的主要研究领域,将其划分为图书情报、工程管理、经济研究和 Christansen 流派 4 类识别方法。在此基础上对识别方法进行 7 个维度的比较,指出现有方法存在 3 个问题:过度依赖专家评价、识别标准针对性不足和超前识别效果不佳,其中识别标准针对性不足是核心问题。鉴于此,在后续研究中应当从多种角度不断探究和完善技术颠覆潜力的评价方法。

关键词：颠覆性技术　识别方法　综述
分类号：G250
DOI:10.13266/j.issn.0252-3116.2019.20.015

1995 年,哈佛大学商学院教授 C. M. Christensen 提出一个极具冲击力的观点:很多经营良好、管理完善的大公司会因为忽视颠覆性技术而在竞争中失利甚至走向破产[1]。近年来,颠覆性技术这一概念在国家层面被日益关注,各国相继采取措施,美国国防高级研究计划局(DARPA)不断推动新的颠覆性技术产生,已然成为颠覆性创新的标杆[2];日本决定推行颠覆性技术创新计划(ImPACT)找寻颠覆性技术,促进社会产业变革[3];中国更是将颠覆性技术创新写入十九大报告,将之作为一项重点工作[4]。当前,颠覆性技术研究主要有 3 个方面:以机理特征为主的理论研究、以识别预测为主的应用研究和以培育机制为主的战略研究,其中颠覆性技术识别方法研究承接特征分析,并为颠覆性技术的培育战略提供支持,是颠覆性技术领域研究不容忽视的一环。基于 C. M. Christensen 的颠覆性创新,国内外研究机构和学者展开不断探索,试图优化颠覆性技术识别方法。本文对颠覆性技术识别方法研究现状进行整理和归纳,分析现有问题,尝试提出合理建议。

1　颠覆性技术概念回顾

颠覆性技术最早由 C. M. Christensen 在《颠覆性技术:逐浪之巅》一文中提及,他根据市场变革的情况,将技术创新分为延续性创新和颠覆性创新,并认为两种创新模式最大的差异在于是否具备"变革市场的潜力"[5]。随后,他出版《创新者的窘境》一书完善颠覆性技术理论,认为很多原本制度完善、经营良好的大公司会因为颠覆性技术而失败。相对于颠覆性技术被颠覆的技术可以被称为在位技术[1]。在他的观点中,产品功能是产品竞争的重要基础,颠覆性技术得以出现最重要的前提是在位技术的功能供过于求,当两种或两种以上产品可以满足市场中大多数消费者对功能需求的时候,那么产品之间的竞争将从功能性竞争转入到例如可靠性、便利性、价格其他领域中去,由于大企业原有的技术体系难以与新兴的颠覆性技术兼容,新兴的颠覆性技术不得不与小企业结合,从低端市场立足,最终向上攀登完成颠覆过程[1]。

后续研究人员围绕这一基本概念,逐步展开探究。颠覆性技术的现有概念界定主要是从 3 个方向展开的。第一种肯定并实证 C. M. Christensen 对颠覆性技术的定义,如 S. Hüsig 等[6]、A. Stoiciu 等[7]分别在局域网、能源等领域开展实证分析并肯定了 C. M. Christensen 的研究。第二种从技术影响程度上进行阐述,如麦

* 本文系中国科学技术信息研究所重点项目"颠覆性技术感知响应平台研发与应用示范"(项目编号:ZD2019-13)研究成果之一。
作者简介:苏鹏(ORCID:0000-0003-1275-235X),硕士研究生;苏成(ORCID:0000-0001-6471-8247),研究员,博士,通讯作者,E-mail:sucheng@istic.ac.cn;潘云涛(ORCID:0000-0002-9930-9416),研究员。
收稿日期:2019-01-04　修回日期:2019-04-01　本文起止页码:129-138　本文责任编辑:王传清

肯锡认为具有极大潜力改变人类生活现状的技术就是颠覆性技术，A. Keller 等[8]、D. Nagy 等[9]从对产品市场影响的角度出发，认为颠覆性技术通过提供在位技术所不能满足的新功能改变市场标准和消费者期望，王安等[10]从对产业生产影响的角度出发，认为颠覆性技术能够提高生产效率并推动生产方式变革。第三种从技术来源上进行阐述，如 E. Danneels[11]等认为颠覆性技术的技术来源应当是源于其他领域的交叉技术组合，A. Ganguly 等[12]和 V. Govindarajan 等[13]认为颠覆性技术的来源不仅仅可以是一系列已有技术的组合，也可以是一种全新技术。综上所述，可以认为颠覆性技术是一种受到其他领域影响，并可以引发产业格局巨变的技术创新过程。

颠覆性技术识别主要解决的问题是从一系列技术中筛选出具有颠覆潜力的技术。其与通常的技术预见不同，如新兴技术趋势等方面的预测往往更侧重于技术自身的发展和演化，而颠覆性技术识别更关注这项技术能否给产业带来变革。更具体地来说，颠覆性技术的成功往往会破坏产业内原有技术的发展趋势，进而引发这些技术的衰亡，这种激烈的破坏性是以往技术预见中所不多见的，这也同样是颠覆性技术识别重要的意义之一。

2 研究思路与文献搜集

下文分析主要分为以下 5 个步骤：第一，基于主题检索和引文回溯搜集颠覆性技术识别相关文献；第二，梳理和总结现有研究方法，根据其研究人员学科背景将颠覆性技术识别方法划分为 4 类；第三，从多个维度对方法的优势和劣势进行对比，分别讨论各个方法的现状和未来趋势；第四，总结颠覆性技术识别方法整体的研究现状，分析主要问题；第五，在主要问题的基础上展望识别方法的未来趋势。

为比较全面地搜集颠覆性技术识别相关文献，本研究选择主题检索和引文回溯两种方法搜集文献。同时，根据不同语种选择不同数据库：中文文献方面，选择中国知网、万方数据及国家工程技术图书馆馆藏资源作为文献来源，外文文献方面以英文文献为主，主要在 Web of Science 平台的核心合集中制定检索策略。具体检索过程分为 3 个步骤：①初步主题检索：中文数据库具体检索策略为：（颠覆性技术 or 破坏性技术 or 突破性技术 or 颠覆性创新 or 破坏性创新 or 突破性创新）；颠覆性技术的英文名称并无争议，因此外文数据库具体检索策略如下((“disruptive innov *”) OR (“disruptive technol *”))，以上检索过程中，由于颠覆性技术概念由 C. M. Christensen 于 1995 年初次提出，因此检索时间限定为（1995 年至今），检索日期为 2018 年 9 月 5 日。②人工筛选：检索得到中文文献题录信息大约 700 余条，外文文献题录信息约 2 000 余条，但其中包含大量与颠覆性技术识别无关的噪音，故检索后人工阅读文献标题和摘要，筛选得到与颠覆性创新研究相关文献 300 余篇，颠覆性技术识别相关文献 40 余篇。之后，遴选其中与颠覆性技术识别相关文献并以国家工程技术图书馆馆藏、Spring Link、Elsevier、EBSCO 等文献资源数据库补充文献全文。③文献回溯：逐篇阅读文献并根据其参考文献追溯颠覆性技术识别相关文献，在追溯文献过程中，采用人工阅读的方式，并不限制追溯的深度，追溯到所找到的文献难以再发掘到新的颠覆性技术识别相关文献为止。最终获得与颠覆性技术识别相关的文献 54 篇。基于以上文献，本研究将梳理颠覆性技术识别的主要方法，并结合具体实践，对未来可能的发展方向进行展望。

3 识别方法发展现状

3.1 识别研究概况

尽管目前颠覆性创新研究热度很高，但颠覆性技术识别直接相关的研究数量并不多，本研究共搜集到 54 篇国内外文献，颠覆性创新从 1997 年《创新者的窘境》问世后引起广泛关注，2000 年后研究人员逐步将关注点转移到颠覆性技术识别中来，研究可以划分为 3 个阶段：①2015 年以前，颠覆性技术识别研究的文献数量大致维持在年均 1－4 篇的水平；②2015 年以后文献数量陡然增长，并于 2016 年、2017 年达到一个高峰，从数据情况来看，这种高峰主要是因为国内学者在 2016 年和 2017 年大量发表颠覆性技术识别的研究成果，使论文整体数量变多；③2018 年及 2019 年文献数量不多，其原因可能是最新的研究文献尚未被各数据库收录。见图 1。

3.2 识别研究的学科背景划分

当前，颠覆性技术识别并无一种被广为认可的方法，研究人员对方法的选择往往取决于其自身学科背景，如图书情报背景研究人员往往会选择以专利计量为主，辅以文献计量和内容分析方法；工程开发背景的研究人员往往会选择技术路线图、TRIZ 理论等研究技术进化本身的方法进行识别；经济研究背景的研究人员倾向于选择企业投入、市场占用等市场分析常用指标；此外，还有很大一部分研究人员基于对 C. M. Chris-

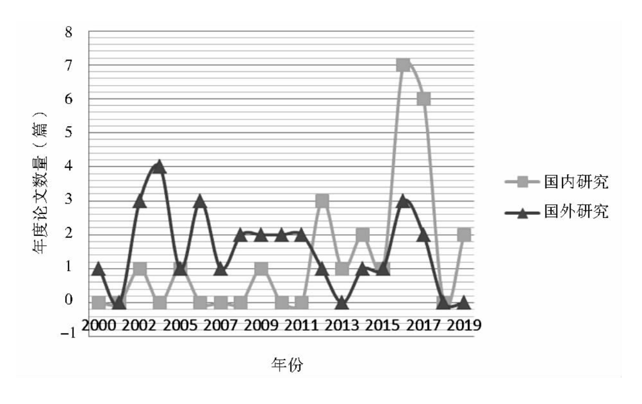


图 1　颠覆性技术识别研究总体趋势

tensen 颠覆性技术理论的探索，试图构建一套专属于颠覆性技术的识别方法，尽管该领域的研究人员学科背景同样来自于前述 3 类，但由于其识别研究理论基础不同，所使用的方法也往往是基于 C. M. Christensen 理论的自行构建。因此本研究将这类学者单独划分一类，称作"Christensen 流派"。目前该领域并未形成一套统一理论，研究人员之间对观点的引用不多，尚处于各自为战的局面。总体来说，当前颠覆性技术识别研究尚处于开荒阶段，没有一套具有广泛说服力的方法，研究人员往往被自身知识背景所限制，对其他领域的方法吸收借鉴不多。根据研究人员的背景，梳理出 4 类主要的研究方法，下文对其进行介绍。

3.2.1　图书情报领域识别方法　2004 年，R. N. Kostoff 等[14]最早将文献与颠覆性技术联系起来，根据技术的核心成分、主要专家、专家所在机构以及专家之间的合作情况初步评估和展示技术状况，然后综合专家意见识别潜在的颠覆性技术。但在这之后很长一段时间没有学者将文献与颠覆性技术识别联系起来。2009 年后，S. Kassicieh 等[15]认为颠覆性技术都是来源于科学研究，因此他们提出基于科学文献和专利文献的识别方法。B. Buchanan 等[16]则提出一种科学密集型颠覆性技术识别框架，该方法既可以分析现有或者未来的颠覆性技术，也可以发现某特定领域是否存在潜在的颠覆性技术。I. Bloodworth 等[17]则更进一步，基于科学文献和专利文献的数据，构建了技术前沿性和技术性能突破这两个评判指标，来识别颠覆性技术。这类方法虽然在使用科技文献，但并没有太多地将图书情报领域常用方法引入到颠覆性技术识别中去，专家评价占据更加主要的位置。2011 年后，图书情报领域的常用方法逐渐出现在颠覆性技术识别研究中。在引用方面，陈傲等[18]曾选择高被引专利作为颠覆性技术展开研究，还有张金柱等[19]选择借助专利引用表征知识突破的方法识别颠覆性技术，栾春娟等[20]则更加注重颠覆性技术的创新程度和技术影响力，将专利申请活动、专利引用次数以及技术新颖程度作为颠覆性技术的识别指标。A. Momeni 等[21]基于利用专利技术路径（即专利前引）、聚类分析和主题模型 3 种方法结合对颠覆性技术进行识别，该类方法的核心问题在于，他们认为颠覆性技术应该是基于高被引专利的，但却没有给出高被引专利和颠覆性技术其必然联系的证明。苏敬勤等[22]试图先探究颠覆性技术与专利演化轨迹的关联，以智能手机为例，对颠覆性技术早期的专利演化轨迹进行研究，指出在专利演化过程中，专利量、专利引用量和专利引用率等随时间变化应该符合 J∧L 型曲线，但专利轨迹完成这类曲线演化时，往往意味着相关产业已经基本完成技术积累，实际识别效果还有待实证。在主题研究方面，F. Dotsik 等[23]利用词频网络共现的方法，分析商业文章和科学文献主题和结构的时间变化，赵格等[24]尝试从论文、专利和新闻 3 个领域的主题热度差异来识别颠覆性技术，白光祖等[25]和刘秋艳等[26]识别科学论文与专利数据主题突变程度，并结合专家遴选进行识别，黄鲁成等[27]采用类似的方法从不同角度识别颠覆性技术。此外，专利数据与分析模型的结合，也是颠覆性技术识别重要方法，例如黄鲁成等[28]曾经尝试将物种入侵模型融入到专利分析中识别颠覆性技术，Y. Cheng 等[29]基于 SIRS 传染病模型对颠覆性技术的爆发进行分析。

综上所述，图书情报领域颠覆性技术识别主要发展有 3 个阶段（见图 2）：2004 年，第一次将科技文献和颠覆性技术识别搭建联系；2009 年，将专利以外的其他文献纳入到数据源中，同时正式将科学计量学常用的引文分析和主题聚类引入到该领域；2012 年以后，图书情报研究人员发现，研究领域内潜在的新进入主题往往具有潜力成为新的颠覆性技术，因此他们将目光投向潜在主题识别的方法研究，文本挖掘、语义分析和数据模型成为研究热点，各路方法和观点呈现出多元化的趋势。时至今日，图书情报领域研究人员的潜在主题识别已有成绩，但潜在主题如何转化成为颠覆性技术仍旧没有明确思路，当前在实际研究过程中，大多选择回避，采用专家评价的方法替代这一步骤。因此，如何评价潜在主题的颠覆能力，将成为颠覆性技术识别需要解决的问题。

3.2.2　工程管理领域识别方法　技术路线图是技术预见的重要手段，因此也多次被应用于颠覆性技术识别。B. A. Vojak 等[30]将技术路线图作为颠覆性技术决

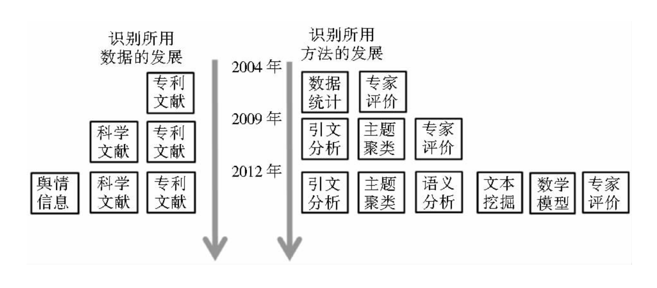


图 2 图书情报领域颠覆性技术识别主要情况

策支持的辅助手段,但单独的技术路线图往往对延续性技术创新的识别效果较好,颠覆性技术的识别并非技术路线图所擅长,因此很多学者试图对技术路线图进行改良,S. T. Walsh 等[31]对技术路线图的分析流程进行了改良,卢光松和卢平则在技术路线图中加入相关利益者这一因素[32]。情景规划同样是颠覆性技术识别的重要方法, S. A. Drew 等[33]使用情景规划法通过颠覆性技术的应用场景进行识别;P. J. Schoemaker 等[34]基于情景规划法对技术市场进行定位,E. Danneel 等[11]则将情景规划法与技术路线图结合,R. N. Kostoff 等[35]则选择文本挖掘与技术路线和情景规划结合的方法,利用文本挖掘法识别颠覆性技术潜在的应用场景和关键技术组成要素,在此基础上绘制技术路线图。在技术路线图和情景规划之外,发明问题解决理论(TRIZ 理论)被应用于颠覆性技术识别,孙建广等[36]根据颠覆性技术的特征,描述非主流技术与 TRIZ 进化理论模型的吻合程度,徐泽浩等[37]则根据 TRIZ 进化理论技术成熟度指标,对颠覆性技术的培育情况进行分析。随后,徐泽浩等[38]又将 TRIZ 进化理论与 SNM 理论(战略生态位管理)相结合,进一步说明了颠覆性技术的分析方法。

综上所述,工程管理领域常用的识别方法并没有像图书情报领域那样具有清晰的时间脉络,该领域的识别方法主要以技术演化的探究为主,可以分为 3 大类:技术路线图、情景规划法以及 TRIZ 理论(见图 3)。该领域的研究方案往往比其他领域更依赖专家评价,前文提及的技术路线图、情景规划法以及 TRIZ 理论都需要领域专家的密切参与。诚然,工程管理领域的研究人员与技术本身的关联最为密切,甚至有些研究人员就是一线的技术开发者,但该领域在采用方法时更加考虑可靠性和实用性,往往会采用已有的成熟方法,而不愿意冒风险去为颠覆性技术量身打造一套新的方法。研究人员面向实践时,将方法的可靠性和实用性作为重要原则固然是正确的行为,但也正是因为这样,使得该领域的识别方案过于稳定,少有理论方面的突破。今后,如何能使颠覆性技术识别与工程实践结合,可能是该领域更需要关注的问题。

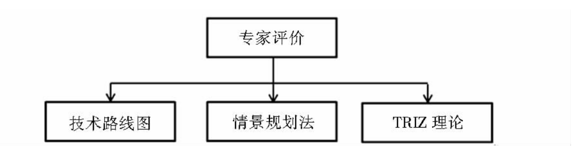


图 3 工程管理领域常用识别方法

3.2.3 经济研究领域识别方法 从市场角度看待颠覆性技术,是颠覆性技术识别的一个重要研究方向,D. Nagy 等[9]则提出了包括技术标准、技术功能和专属权在内的 3 个指标的评价体系,并提出颠覆性技术识别方法需要判断技术新功能能否产生技术新标准和新专属权,以及判断技术与企业价值链和既有技术的对比,A. Ganguly 等[12]通过文献调研和专家意见征求,提出目标细分市场对比、在位企业技术成熟度、技术采用率和期望效用值对比指标评价颠覆性技术,J. D. Linton 等[39]基于 Bass 模型对新技术在多个市场的发展情况进行独立分析,G. M. Schmidt 等[40]从价格和细分市场两个角度构建指标进行识别,并构建了侵蚀模型对新技术在市场的扩散模式进行分析,为颠覆的主客体划分提供依据,宋建元等[41]则从不同角度构建企业、产业乃至于国家颠覆性技术的动态模型。李存斌等[42]从技术投入、扩散和支撑 3 个方面构建指标,L. M. Sainio 等[43]则从顾客利益、核心战略、战略资源和价值网络 4 个维度构建颠覆性技术评价体系, A. Keller 等[8]针对于颠覆性技术在市场的不同阶段,提出将颠覆性技术的识别分为 3 个阶段:颠覆性技术立足阶段、进入主流市场阶段和主流市场企业失败阶段,并针对于 3 个阶段的不同特征,构建了 3 种不同的指标体系。张光宇等[44]将颠覆性技术的发展阶段分为了技术的选择、市场的选择、市场的建立、市场的扩大和范式的形成 5 个阶段,并以战略生态位这一概念评价技术的演化情况。F. P. Adams 等[45]探究能源产业中颠覆性技术的评估方法;陈劲等[45]选择使用模糊评价从定性定量结合的角度构建复合的指标体系。

相对于其他方法,市场分析方法往往不关注技术层面的变化,而是从市场绩效中捕捉信息。由于可以直面市场,所以可从产业、政府、消费者、产品、资金等多方面衡量技术对市场的颠覆情况,见图 4。这类指标看似很全面,但实际上并未提出直接与颠覆性技术密切关联的指标,大多数指标在评价其他技术时也同样在使用,是否能够通过对以往常用指标的重新组合就能够满足颠覆性技术识别需求,还有待考证。同时,

这类方法存在注重数学模型的趋势,在指标选择时往往会优先选择定量指标或者具有成熟方案能够完成定量化的指标,但当前颠覆性技术主要的特征都是以定性方式描述的,也没有形成一套可用的体系能够使这些定性特征定量化。本研究认为,经济研究领域与图书情报领域存在同样的难题——当有一项潜力技术摆在面前时,如何评价其颠覆能力。尽管经济研究领域对这个问题研究得很早,但仍旧未能给出可靠的答案。

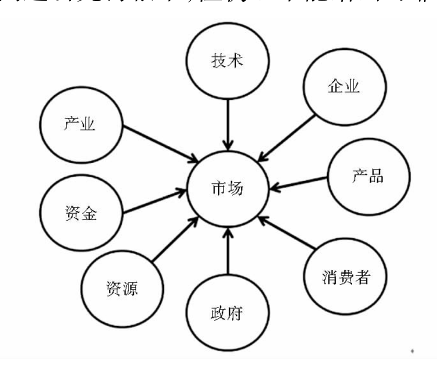


图 4　经济研究领域常用识别指标

3.2.4　Christensen 流派识别方法　颠覆性创新理论源于 C. M. Christensen,在颠覆性技术识别过程中,也存在很大一部分研究人员并未从自身学科背景出发,而是基于 C. M. Christensen 的理论继续探索,本研究将这些学者归类为 Christensen 流派。林春培等[47]基于颠覆性技术特征标准、技术性能供给和需求变化轨迹构建了颠覆性技术识别框架,预测颠覆性技术可能会出现的时间点以及技术未来的发展趋势。S. Hüsig 等[6]则针对技术性能的需求设计了涵盖颠覆性技术特征的调查问卷。J. Paap 等[48]将性能的供给与需求与技术成熟度挂钩。R. Vecchiato 等[49]将用户认知管理作用于颠覆性技术预测。R. Adner 等[50]则基于性能需求,模拟用户对技术的评估过程,分析技术性能变化可能会引起的连锁反应。A. Sood 等[51]则针对技术性能的变化情况,构建了技术风险模型,通过风险系数预测颠覆性技术的出现。C. Chen 等[52]则通过分析,认为技术性能的发展应当符合 S 曲线,与传统的生命周期规律高度相关,他们认为通过技术性能的 S 曲线可以对颠覆性技术的发展进行识别。季丹等[53]构建指标的范围更广泛一些,选择从技术、产品、市场、竞争 4 个宏观角度进行构建。L. O. Gaviao 等[54]提出一种复杂矩阵和概率组合构成的多准则决策模型,对技术的颠覆能力进行评价。V. Govindarajan 等[55]从技术的信度和效度的角度评价颠覆性技术。J. F. Guo 等[56]从主导力、成熟度和扩散能力的角度评价颠覆性技术。

基于 C. M. Christensen 理论的颠覆性技术识别方法尚不系统,还处于摸索阶段,各类研究人员相互之间少有共识。甚至在《创新者的窘境》一书过后,包括 C. M. Christensen 本人在内的这一流派都再没有提出过被广泛认可的观点。在识别研究方法方面,该领域可谓五花八门,如图 5 所示,主要思考的方向包括风险、功能、性能、需求、生命周期、技术轨道等,但不论哪个方向都未整理出一套系统化的理论。该领域是基于颠覆性创新理论自身发展而来,在分析过程中对颠覆性技术特征的讨论最多,但是其特征仍旧停留在文字描述的阶段,未能转化成实际可操作的识别方法。这类方法往往将探究得来的特征逐条列出,然后转呈给领域专家,令其直接将特征对号入座。这种方法"简单粗暴",但在实践操作过程中领域专家对特征的理解各有不同,使得其评判标准难以统一。因此,该领域实际上缺少一套系统方法,使领域专家将其专业知识和颠覆性技术的特征真正联系起来。在未来,也许通过更加充分的特征讨论,可以使领域专家以外的人也能够评判技术的颠覆潜力。但在当前,该领域最需要解决的仍旧是如何将这些特征转化成具体的可操作方法。

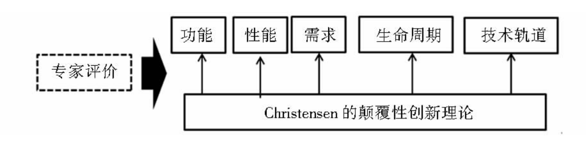


图 5　Christensen 流派的识别方法探索

3.3　发展现状小结

DARPA 曾经使用文献调研法,通过文献调研,判断今后和未来的军事需求[57]。英国政府以及美国国防部曾分别通过水平扫描方法,对世界各国相关的技术政策进行分析[58]。这些方法并不常规,这类识别属于政府行为,且并未找到具体操作方法,因此并未纳入到前述分类中。前述的 4 类识别方法各有特色:图书情报领域重点关注一个领域内的潜在技术,将一项还处于潜伏状态的技术挖掘出来,然后由专家去判断这项潜伏技术是否是颠覆性技术;工程管理领域则侧重于邀请领域专家,对一个产业领域发展趋势的完整预测,颠覆性技术只是他们在预测这个完整趋势过程中的一块拼图;经济研究领域则倾向于构建数学模型,试图以严格的数学推导给出一项技术的颠覆概率;Christensen 流派则围绕着 C. M. Christensen 的理论不断探索,其方案和手段百花齐放,试图在不断尝试过程中探索到一条可行的方法。不论哪一类方法都有其优势和劣势,并不存在绝对地可行或不可行;但不论哪一类方

法也都没有从根本上落成颠覆性技术识别方法。根本的问题还是在于缺少一套识别颠覆性技术的评价标准。从思路上看,评价颠覆能力的主要思路有 4 种:①评价产业原有技术是否达到成熟或者衰退期;②评价这项技术自身的发展潜力是否足够强势;③评价这项技术是否能够迎合社会未来发展趋势;④是否有更多的资源被持续投入到这项技术中。但当前大部分识别方法或者指标都源于其他领域理论的迁移,具体想要转化成具体的方法还有很长的路要走。具体如表 1 所示:

表 1 主要识别思路

识别思路	常用识别方法或指标
评价原有技术是否处于成熟或者衰退期	技术路线图绘制、原有技术成熟度评价、技术风险监测、S 曲线、技术竞争能力评估等
评价这项技术本身的发展潜力是否足够强势	情景规划、TRIZ 理论、技术路线图绘制、技术理论支撑、价格评价、战略生态位评价、技术成熟度、S 曲线评价、生命周期评价、技术扩散能力评估、技术主导能力评估、产品便捷程度、产品简化程度等
评价这项技术是否与社会需求协调一致	情景规划、技术路线图绘制市场发展分析、细分市场评价、市场侵蚀模式、顾客利益评价、技术价值评价、性能需求评价等
是否有更多的资源被持续投入到这项技术	政策评估、水平扫描、资金投入程度等

4 识别方法研究现状及趋势

4.1 识别方法现状

回顾颠覆性技术识别的 4 类方法,基于以下 6 个维度对比不同领域方法的主要优势和劣势:人员背景、定性或定量、数据来源、针对性、识别依据、识别效果。详细情况见表 2。

在当前阶段,颠覆性技术识别方法主要有 3 个来源:图书情报领域、工程管理领域和经济研究领域,图书情报领域擅长对潜在主题的挖掘,工程管理领域精于组织协调领域专家,经济研究领域则在搭建指标和数学模型方面有独到之处;Christensen 流派不断尝试但尚未取得共识,理论基础相对单薄,但这类研究最有可能在颠覆性技术早期特征方面取得突破。识别标准主要源于专家智慧和颠覆性技术的特征,但颠覆性技术特征尚未与方法层面达成协调一致,实际操作过程中仍旧依赖于专家智慧。因此,当前颠覆性技术识别方法存在着依靠专家评价"生拉硬凑"的嫌疑。但一项新兴的研究领域在最初始的时候难免会存在着各种不足,正是这些不足指明了颠覆性技术识别方法研究未来的发展趋势。颠覆性技术识别方法研究现状见图 6。

表 2 不同领域识别方法的比较

不同方法比较维度	图书情报领域	工程管理领域	经济研究领域	Christensen 流派
人员背景	图书情报研究人员为主	工程管理、技术研发人员为主	经济学、企业研究人员为主	人员背景分布较为零散,各领域都有
定性或定量	基本为定量分析	定性与定量结合	定性与定量皆有	仍以特征描述为主
数据来源	专利数据及论文数据,较易获取	以专家经验为主	产业研究报告、企业财务报表等	无特定数据来源
针对性	传统计量学指标并非为颠覆性技术所设计,其针对性不强	对延续性技术分析效果较好,颠覆性技术识别效果尚需完善	颠覆性技术理论从市场研究形成,具有一定针对性	针对于颠覆性技术形成的理论,但尚不系统,有待完善
识别依据	发现领域内潜在技术后,依靠专家评价	现有的方法与专家智慧结合	根据市场绩效判断,但具体指标尚无共识	观点不成体系,以支持 Christensen 的观点为主
识别效果	缺少直接针对颠覆性技术的指标,能较好发现领域内新进入的外来技术,但后续识别比较无力	根据技术进化情况,划分较为零散,主要与领域专家能力相关,与专家团队能力密切相关	对需求感知较为敏感,但识别技术趋势的能力较为薄弱,颠覆性技术早期易被忽视,具有滞后性	特征分析较为充分,但难以转化成具体识别指标,当前缺少可操作指标

4.2 当前方法主要问题

4.2.1 过度依赖专家评价 本研究对颠覆性技术现有的识别方法做出划分,尽管各学科背景之间采用的方法存在差异,但大多数方法都或多或少需要与专家识别结合,或是筛选主题缩小范围后让领域专家遴选(图书情报领域),或是设立原则让领域专家打分(经济研究领域和 Christensen 流派),或是让领域专家全程参与(工程管理领域),当前几乎没有哪一种方法可以完全抛弃专家评价。从目前来看,颠覆性技术识别很难摆脱对专家评价的依赖。由于颠覆性技术具有情况多变和难以预料的特点,同时在该领域又没有成熟而完善的方法可以使用,因此采用专家评价作为方法的补充实乃无奈之举。但研究人员需要注意的是,许多颠覆性技术识别研究在开篇时都会提及"传统的专家评价很难识别出颠覆性技术"。并且,颠覆性技术识别也不同于以往的技术预见。颠覆性技术最早期的特征就是难以被主流市场所接受,这一特征也往往会导致从早期看来,颠覆性技术所提供的新功能或者新性能不容易被其他专家接受,尤其当专家们最终讨论或者投票的时候,早期的颠覆性技术容易被专家所不看好、

苏鹏，苏成，潘云涛. 颠覆性技术识别方法发展现状及启示[J]. 图书情报工作,2019,63(20):129－138.

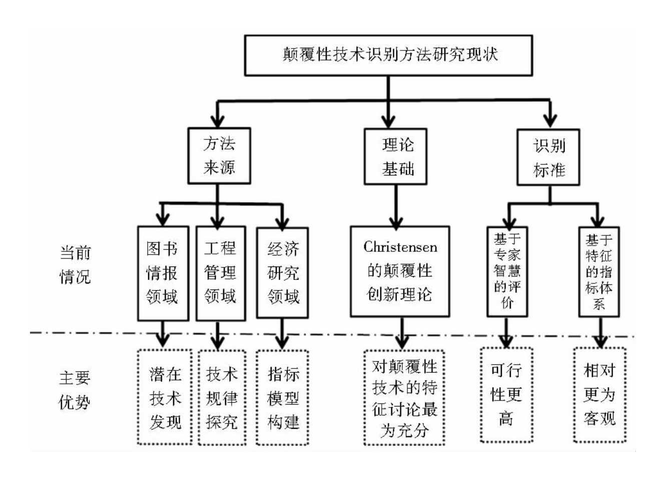


图 6　颠覆性技术识别方法研究现状

不理解和不接受；甚至徐匡迪院士曾表达说，颠覆性技术很容易被专家所“投没”[59]。B. T. Murat 和 N. Ramzi 使用专利计量和文献计量的方法对专家德尔菲法的技术预见结果进行了检验，发现当预测时间到达时，被行业专家认为需要优先发展的 20 项技术领域中，至少有四分之一的技术领域只有极少的科学论文或者发明专利，同时还有大约四分之一的技术领域其科学论文和发明专利数量都没有出现明显增长[60]。从而可以看出，专家对颠覆性技术的主观判断也可能存在偏差。这就要求研究人员在采用专家评价的时候，不能拘泥于传统的专家评价方法，而应该建立一套属于颠覆性技术体系的理论，帮助领域专家规避传统评价难以规避的盲区。

4.2.2　识别标准缺少针对性　当前的识别方法中，经济研究领域和工程管理领域的识别标准往往依据现有的指标进行套用，少有专门为颠覆性技术识别而设计的特色指标。图书情报领域当前还专注于如何识别一个领域的潜在技术，并未直面颠覆性技术识别，而 Christensen 流派尽管一直在以各种形式分析颠覆性技术特征，但他们所得到的特征却难以转化成为真正的可用指标。因此，当前颠覆性技术识别处于一个特殊的困境——拥有可落地方法的研究人员（图书情报、经济及工程领域）难以直接将自己的方法与颠覆性技术的特征对应，而分析颠覆性技术特征的研究人员（Christensen 流派）难以将自己的特征转化为可用的方法。在实践过程中，4 类研究人员不约而同地选择专家评价使特征和方法达成统一，这也是当前研究很难彻底抛弃专家评价的主要原因。但专家终究是一种宝贵的人才资源，应当尽可能减少对专家资源的肆意消耗，识别研究人员还是应该尽可能地将颠覆性技术特征转化为识别方法，以降低专家评价在方法中占据的比重。

4.2.3　提前识别或超前识别研究不足　颠覆性技术的阶段性特征，尤其早期特征在颠覆性技术识别过程中尤为重要。当前，4 类方法中只有 Christensen 流派最关注颠覆性技术发展的早期特征，但其所关注的阶段性特征又难以以标准化的形式推广。其他领域的研究人员尽管认识到颠覆性技术的早期特征研究对其识别具有重要意义，在实际操作过程中，图书情报研究人员将早期特征对应为某一领域的潜在主题，在完成潜在主题识别后将后续问题留给了领域专家；工程管理领域依靠领域专家预测技术演化规律，对早期颠覆性技术的关注程度与领域专家的自身认知程度密切相关；经济研究领域对颠覆性技术的识别往往需要颠覆性技术在市场层面产生某种信号才能奏效，而这种市场层面的信号往往滞后于技术本身，很难在技术发生变化而市场还未响应之前做出预警。可以看出，除了图书情报领域研究人员可以挖掘潜在主题之外，其他领域很难对早期的潜在技术有所察觉，即使有所察觉也要依靠专家个人的敏锐洞察力而非有效的方法，而即使是识别阶段相对早期的图书情报领域，也只能做到潜在主题的挖掘，回避了潜在主题如何转变成颠覆性技术这一问题。因此，又回到了前两个问题，研究人员究竟该如何将颠覆性技术的特征，尤其是早期特征转化为识别方法，以降低专家主观认知对方法的影响？这是一个亟待解决的问题。

4.3　颠覆性技术识别方法研究未来趋势

2009 年，美国国家科学院曾向美国国家研究委员会提出建立一种“持续的颠覆性技术预测系统”[61]。尽管时至今日并未从公开的信息中得知这一系统是否建成，但这一提案中的有些观点很值得借鉴——颠覆性技术具有极其复杂和难以预测的特点，一个领域研究人员单独作战绝非上策，多领域联动可能才是颠覆性技术识别方法研究的主要趋势。从不同研究领域的关系来看，颠覆性技术识别实质上被拆分成了具有先后顺序的两个部分，如图 7 所示：

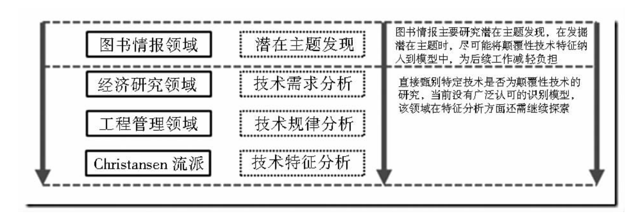


图 7　颠覆性技术识别体系的两部分

前半部分，潜在技术主题发现。即图书情报领域

当前的工作,该领域学者凭借之前在新兴技术识别、前沿识别等研究中的积累,将之代入到颠覆性技术识别中来,并且将研究点转变成“发现领域内新进入的潜在技术”,这使得图书情报领域学者在发现潜在颠覆性技术方面具有得天独厚的优势,但同时也因为回避了颠覆性技术的直接评价,使得图书情报领域的学者必须反复强调潜在颠覆性技术识别和新兴技术的识别有何区别。但从当前该领域所使用的方法来看,识别潜在技术和新兴技术时并没有在方法层面形成质的区别。将现有方法与颠覆性技术特征结合,将成为识别研究的主要工作。

后半部分,技术颠覆能力评价。即颠覆性技术识别的核心难点——究竟该怎样评价一项技术的颠覆潜力,这是一项至今没有得到共识的研究。但可以预料的趋势是,需要将颠覆性技术特征和识别方法搭建联系。预计未来仍旧会呈现出百花齐放的讨论趋势,但最终还是应当将颠覆性创新回归到技术演化的规律中来。当前的主要思路有4种:①评价原有技术是否“日薄西山”;②评价这项技术本身的发展潜力;③评价这项技术是否与社会需求协调一致;④评价资源投入情况。具体的评价方法尚无定论,但这4种思路想要转化成具体的方法还有很长的路要走,至少在目前,还没有哪一种思路或者方法可以摆脱对领域专家的依赖。

从短期趋势来看,现有的识别体系难以将早期特征与识别方法严格对应,无法摆脱对专家评价的依赖。但识别研究不能完全依靠专家评价,也不能完全依靠旧有的、面向延续性技术的技术路线图、情景规划等方法规范专家评价。因此,应当建立一套切实可行的、完全面向颠覆性技术识别的专家评价方法。这个过程中,需要将颠覆性技术的特征尤其是早期特征转化成切实可行的标准,在专家评价过程中给予约束。如有必要,识别研究人员应当对以往那些被专家识别所忽视的颠覆性技术进行分析,剖析其共性特征,提炼可能会被专家忽视的因素,去帮助专家规避潜在的盲区。

从长期趋势来看,颠覆性技术识别想要走向成熟,必须逐步降低领域专家主观意愿在识别体系中的比重。这需要研究人员将早期特征转化成切实的识别方法,在这个过程中需要不同学科背景的研究人员通力合作,在不断完善颠覆性创新理论的基础上,发挥其各自领域的优势。也许,实现颠覆性技术的识别并非是一个方法,而需要一整套的方法体系。其中,如何评价一项技术的颠覆潜力,或者说如何通过设定一系列识别标准判断技术对一个产业的威胁能力,仍旧是这套方法体系中最为核心的部分。但不论有多特殊,颠覆性创新也只是一种特殊的技术创新规律而已,只要最终把握住其技术规律和阶段性的矛盾转化,这个问题迟早会得到解决并形成共识。至于具体的解决方案,也许是在前文提及的4种思路中选择一种,也许是4种思路并举,或许是在4种思路以外的方法。从笔者自身观点来看,这4种思路实质上以及是指标抽象后的结论,已经接近识别方法的需求,接下来要考虑的工作是如何将这4种思路转化成识别方法并取得广泛认可。

5 总结与讨论

本文对现有的颠覆性技术识别方法进行梳理,根据其所属不同领域将方法划分为4类,分别为:图书情报领域、工程管理领域、经济研究领域和 Christansen 流派。通过7个维度的比较,指出现有方法存在过分依赖专家评价、识别标准缺少针对性、早期特征识别能力不足等3方面的问题,其中识别标准缺少针对性是最为迫切的问题。这个问题直接导致现有的研究方法很难识别颠覆性技术的早期特征,不得不去依赖专家智慧。本研究认为,当前颠覆性技术识别方法很难彻底摆脱对专家评价的依赖,但需要通过颠覆性技术的特征为专家评价设计规则,从而避免以往专家“错杀”颠覆性技术的结局。但专家评价的原则设计只能解决短期需求,从长远来看,通过设定识别标准进而产生具有共识的识别方法才能解决根本问题,但这需要有一个从百花齐放到达成共识的时间,需要4类领域的研究人员共同努力。

参考文献:

[1] CHRISTENSEN M C. The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail [M]. Cambridge: Harvard Business School Press, 1997.

[2] Defense Advanced Research Projects Agency. Innovation at DARPA [EB/OL]. [2018-07-29]. http://www.darpa.mil/attachments/DARPA_Innovation_2016.pdf.

[3] 中国科协创新战略研究院. 日本颠覆性技术创新计划研究要点[J]. 中国高新科技, 2017(1): 93-95.

[4] 习近平. 决胜全面建成小康社会夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利[EB/OL]. [2018-07-29]. https://www.guancha.cn/politics/2017_10_27_432557.html.

[5] BOWER J L, CHRISTENSEN M C. Disruptive technologies: catching the wave [J]. Harvard business review, 1995,73(1):75-76.

[6] HUSIG S, HIPP C, DOWLING M. Analyzing the disruptive potential: the case of wireless local area network and mobile communica-

tions network companies [J]. R&D management,2005,35(1): 17 -25.

[7] STOICIU A, SZABO E, TOTEV M, et al. Assessing the disruptiveness of new energy technologies: an ex-ante perspective[EB/OL]. [2018-07-29]. http://bach-s49.wu-wien.ac.at/4310/1/ISM_ESTT_WP2_Assessing_the_Disruptiveness_of_New_Energy_Technologies.pdf.

[8] KELLER A, HUSIG S. Ex-ante identification of disruptive innovations in the software industry applied to web applications: the case of Microsofts Google's office applications [J]. Technological forecasting and social change, 2009, 76(8): 1044-1054.

[9] NAGY D, SCHUESSLER J, DUBINSKY A. Defining and identifying disruptive innovations [J]. Industrial marketing management, 2016, 57(8): 119-126.

[10] 王安,孙棕檀,沈艳波.国外颠覆性技术识别方法浅析[J].中国工程科学,2017, 19(5):79-84.

[11] DANNEELS E. Disruptive technology reconsidered: a critique and research agenda[J]. Journal of product innovation management, 2004, 21(4):246-258.

[12] GANGULY A, NILCHIANI R, FARR J V. Defining a set of metrics to evaluate the potential disruptiveness of a technology[J]. Engineering management journal, 2010, 22(1):34-44.

[13] GOVINDARAJAN V, KOPALLE P K. Disruptiveness of innovations: measurement and an assessment of reliability and validity [J]. Strategy manage,2006,27(2):189-199.

[14] KOSTOFF R N, BOYLAN R, Simons G R. Disruptive technology roadmaps [J]. Technology forecast social, 2004, 71(1-2):141-159.

[15] KASSICHIEH S, RAHAL N. A model for disruptive technology forecasting in strategic regional economic development [J]. Technological forecasting and social change, 2007, 74(9):1718-1732.

[16] BUCHANAN B, CORKEN R. A toolkit for the systematic analysis of patent data to assess a potentially disruptive technology [R]. [2018-07-29]. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download? doi=10.1.1.637.8497&rep=rep1&type=pdf.

[17] BLOODWORTH I. A search for discriminative linguistic markers in ICT practitioner discourse, for the ex-ante identification of disruptive innovation[J]. Proceedings of the IEEE, 2012, 6(9): 1511-1519.

[18] 陈傲,柳卸林. 突破性技术创新的形成机制[M]. 北京:科学出版社, 2013.

[19] 张金柱,张晓林.利用引用科学知识突变识别突破性创新[J].情报学报, 2014, 33(3): 259-266.

[20] 栾春娟,程昉. 技术的市场潜力测度与预测——基于技术颠覆潜力与技术成熟度综合指标[J]. 科学学研究, 2016,36(12):1761-1768.

[21] MOMENI A, ROST K. Identification and monitoring of possible disruptive technologies by patent-development paths and topic modeling [J]. Technological forecasting and social change, 2016, 104(3): 16-29.

[22] 苏敬勤,刘建华,王智琦,等. 颠覆性技术的演化轨迹及早期识别——以智能手机等技术为例[J]. 科研管理, 2016, 37(3):13-19.

[23] DOTSIKA F, WATKINS A. Identifying potentially disruptive trends by means of keyword network analysis[J]. Technological forecasting and social change,2017, 119(3):114-127.

[24] 赵格.基于多源异构数据的颠覆性技术识别[D].武汉:华中科技大学,2017.

[25] 白光祖,郑玉荣,吴新年.基于文献知识关联的颠覆性技术预见方法研究与实证[J].情报杂志,2017,36(9):38-44.

[26] 刘秋艳.基于科学论文和专利数据的颠覆性技术识别方法研究[D].兰州:中国科学院兰州文献情报中心,2017.

[27] 黄鲁成,蒋林杉,吴菲菲.萌芽期颠覆性技术识别研究[J].科技进步与对策,2019,36(1):10-17.

[28] 黄鲁成,成雨,吴菲菲,等. 关于颠覆性技术识别框架的探索[J]. 科学学研究, 2015, 33(5): 654 -664.

[29] CHENG Y, HUANG L, RAMLOGAN R. Forecasting of potential impacts of disruptive technology in promising technological areas: elaborating the SIRS epidemic model in RFID technology [J]. Technological forecasting and social change, 2017, 117(4): 170-183.

[30] VOJAK B A, CHAMBERS F A. Roadmapping disruptive technical threats and opportunities in complex, technology-based subsystems: the SAILS methodology[J]. Technological forecasting and social change, 2004, 71(1-2): 121-139.

[31] WALSH S T. Roadmapping a disruptive technology: a case study: the emerging microsystems and top-down nanosystems industry[J]. Technological forecasting and social change, 2004,71(1-2):161-185.

[32] 卢光松,卢平. 企业颠覆性技术路线图制定研究[J]. 科技进步与对策, 2011, 28(11):81-86.

[33] DREW S A. Building technology foresight: using scenarios to embrace innovation[J]. European journal of innovation management, 2006, 9(3): 241-257.

[34] SCHOEMAKER P J, MAVADDAT V M. Wharton on managing emerging technologies[M]. New Jersey: John Wiley & Sons,2000: 206-241.

[35] KOSTOFF R N, BOYLAN R, Simons G R. Disruptive technology roadmaps[J]. Technological forecasting and social change, 2004, 71(1): 141-159.

[36] 孙建广,檀润华,江屏.基于技术进化理论的破坏性创新预测与实现模型[J]. 机械工程学报,2012,48(11): 11-20.

[37] 许泽浩,张光宇,亢凯,等. 基于 TRIZ 理论的颠覆性技术选择环境研究[J]. 工业工程, 2016,19(4):44-47.

[38] 许泽浩. 颠覆性技术的选择及管理对策研究:基于 TRIZ 理论与 SNM 理论视角[D]. 广州:广东工业大学,2017.

[39] LINTON J D. Forecasting the market diffusion of disruptive and discontinuous innovation [J]. IEEE transactionson engineering management, 2002,49(4): 365-374.

[40] SCHMIDT G M, DRUEHL C T. When is a disruptive innovation disruptive[J]. Journal of product innovation management, 2008,

25(4): 347 - 3698.
[41] 宋建元. 成熟型大企业开展破坏性创新的机理与途径研究[D]. 杭州:浙江大学, 2005.
[42] 李存斌, 鲁平. 基于突变理论的国网公司颠覆性创新技术评价研究[J]. 陕西电力, 2016, 44(4): 60 - 64.
[43] SAINIO L M, PUUMALAINEN K. Evaluating technology disruptiveness in a strategic corporate context: a case study [J]. Technological forecasting and social change, 2007, 74(8): 1315 - 1333.
[44] 许泽浩, 张光宇, 廖建聪. 基于战略生态位管理视角的颠覆性技术成长过程研究 [J]. 中国科技论坛, 2016(2):5 - 9.
[45] ADAMS F P, BROMLEY B P, Moore M. Assessment of disruptive innovation in emerging energy technologies[EB/OL]. [2018 - 07 - 29]. https://ieeexplore. ieee. org/stamp/stamp. jsp? tp = &arnumber = 7051685.
[46] 陈劲, 戴凌燕, 李良德. 突破性创新及其识别[J]. 科技管理研究, 2002,22(5): 22 - 28.
[47] 林春培, 张振刚, 薛捷. 破坏性创新的概念、类型、内在动力及事前识别[J]. 中国科技论坛, 2012(2): 35 - 41.
[48] PAAP J, KATZ R. Anticipating disruptive innovation [J]. Research technology management, 2004, 32(5): 74 - 85.
[49] VECCHIATO R. Disruptive innovation, managerial cognition, and technology competition outcomes[J]. Technological forecasting and social change, 2016,116(12):116 - 128.
[50] ADNER R. When are technologies disruptive? A demand-based view of the emergence of competition[J]. Strategic management journal,2002,23(8): 667 - 688.
[51] SOOD A, TELLIS G J. Demystifying disruption: a new model for understanding and predicting disruptive technologies[J]. Marketing science, 2011,30(2):339 - 354.
[52] CHEN C, ZHANG J, GUO R S. The d-day, v-day, and bleak days of a disruptive technology: a new model for ex ante evaluation of the timing of technology disruption [J]. European journal of operational research, 2016,251(2) :562 - 574.
[53] 季丹, 郭政. 破坏性创新:概念、比较与识别[J]. 经济与管理, 2009, 23(5):16 - 20.
[54] GAVIAO L O, FERRAZ F T, LIMA G B A, et al. Assessment of the "disrupt-o-meter" model by ordinal multicriteria methods[J]. RAI revista de administração eInovação, 2016,13(4):305 - 314.
[55] GOVINDARAJAN V, KOPALLE P K. Disruptiveness of innovations: measurement and an assessment of reliability and validity [J]. Strategy manage, 2006, 27(2): 189 - 199.
[56] GUO J F,PAN J F,GUO J X. Measurement framework for assessing disruptive innovations [J]. Technological forecasting & social change,2019,139(1):205 - 265.
[57] 贾珍珍, 曾华锋, 刘戟锋. 美国颠覆性军事技术的预研模式、管理与文化——以美国国防高级研究计划局(DARPA)为例[J]. 自然辩证法研究,2016,32(1):41 - 45.
[58] 樊琳. 美国防部启动技术监视/水平扫描项目,以监控全球潜在的颠覆性技术 [EB/OL]. [2018 - 08 - 10]. http://roll. sohu. com/20140117/n393694401. shtml.
[59] 樊丽萍. 徐匡迪院士:对颠覆性创新意愿应宽容支持[EB/OL]. [2018 - 09 - 11]. http://wenhui. sumg. com. cn/html/2016-08/16/content_456128. html.
[60] MURAT B T, RAMZI N. Forecasting emerging technologies with the aid of science and technology databases [J]. Technological forecasting and social change, 2006, 73(7):835 - 844.
[61] National Academy of Sciences. Persistent forecasting of disruptive technologies[EB/OL]. [2019 - 03 - 37]. http://www. nap. edu/catalog/12557. html.

作者贡献说明:
苏鹏:负责文献搜集、论文撰写;
苏成:负责提出思路、指导论文撰写;
潘云涛:指导论文撰写。

Overview and Considerations on Disruptive Technology Identification Method

Su Peng Su Cheng Pan Yuntao
Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038

Abstract: [**Purpose/significance**] The disruptive technology can change the traditional production mode and consumption structure, to make the industrial pattern change dramatically. Identifying potential disruptive technologies will help people to seize the commanding heights of science & technology and gain the first-mover advantage. [**Method/process**] Collecting literature through subject retrieval and citation tracing, the present stage of the main identification method of the disruptive technology is summarized. [**Result/conclusion**] The selection of methods is closely related to the academic backgroud of researchers. According to their main research fields, they are divided into four kinds of method: library and information, engineering management, economic research and Christansen School. And then, seven dimensions of recognition methonds are compared and three problems are poinrted out: over-reliance on expert evaluation, inadequate pertinence of indentification standards and inadequate effect of advance indentification. So, in future study, disruptive technology indentification should be explored in various perspectives.

Keywords: disruptive technology identification method review